

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК 630*+574.4:546.26+582.284

**ВЛАЖНОСТЬ КАК ФАКТОР СО₂-ЭМИССИОННОЙ АКТИВНОСТИ
ДРЕВЕСНОГО ДЕБРИСА***

© 2015 г. В. А. Мухин¹, Д. К. Диярова², Д. В. Веселкин¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202/3

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19

E-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 20.01.2015 г.

На примере предлесостепных и южнотаежных лесов Среднего Урала изучена связь между влажностью и СО₂-эмиссионной активностью древесного дебриса при его микогенном разложении. Образцы дебриса представляли фрагменты валежных и сухостойных стволов лиственных (*Alnus incana*, *Betula pendula*, *Padus avium*, *Populus tremula*, *Salix* sp.) и хвойных (*Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*) деревьев размером около 5 см в диаметре и 12 см в длину. В центре каждого образца находились базидиокарпы одного из 42 видов лигнинразрушающих и целлюлозоразрушающих ксилотрофных грибов. Всего проанализировано 137 образцов дебриса, из них лиственного – 94, хвойного – 43, с белой гнилью – 95, с бурой – 42. СО₂-эмиссионную активность дебриса и потребление им О₂ оценивали на газоанализаторе СО₂/О₂ с погрешностью измерений по СО₂ ± 20 ppm, О₂ – ± 0.2 об. %. Установлено, что СО₂-эмиссионная активность древесного дебриса существенно зависит от его влажности, с ростом которой на 10% эмиссия СО₂ возрастает почти вдвое, достигая максимума при 55–70%. Влажность дебриса хвойных и лиственных деревьев существенно не различается, не зависит от размера древесных остатков, видов грибов-деструкторов. Она обнаруживает слабую связь с физиологическим типом грибов (более высокая у древесных остатков с белой гнилью) и тесную положительную связь с деструкцией дебриса. Положительные обратные связи между СО₂-эмиссионной активностью, влажностью и степенью деструкции дебриса придают его микогенному разложению характер контролируемого грибами самоускоряющегося процесса, стабилизирующегося на максимальном уровне при 55–70% относительной влажности древесных остатков.

Лесные экосистемы, древесный дебрис, влажность, грибы, деструкция, эмиссия СО₂.

Древесный дебрис – второй по значимости после почвы природный источник эмиссии СО₂ в России. Ежегодно в древесный пул лесных экосистем депонируется 240–270 Мт углерода и примерно такой же его объем (255 Мт С) поступает в цепи разложения лесных экосистем с древесным дебрисом, при биологическом разложении которого в атмосферу эмитируется 213 Мт С (Исаев, Коровин, 2006; Кудеяров и др., 2007; Заварзин, 2009; Замолодчиков и др., 2014).

Основной группой организмов, осуществляющих биохимическую конверсию углерода древесного дебриса в СО₂, являются ксилотрофные

базидиомицеты. Однако их биосферное значение как основных деструкторов древесины до настоящего времени явно недооценивается (Мухин, 1993; Заварзин, 2006; Кудеяров и др., 2007; Мухин, Воронин, 2007; Роньжина и др., 2009) и многие аспекты их экологии остаются слабо изученными. В частности, это касается факторов СО₂-эмиссионной активности грибов.

Одним из важнейших факторов СО₂-эмиссионной активности древесного дебриса является влажность (Chambers et al., 2001; Gough et al., 2007; Zhou et al., 2007; Wu et al., 2010; Olajuyigbe et al., 2012; Forrester et al., 2012), но ее влияние на СО₂-эмиссионную активность ксилотрофных базидиомицетов остается неустановленным. Это и определило задачу настоящей работы – анализ связи между влажностью и СО₂-эмиссионной ак-

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 12-04-00684, 15-04-06881).

тивностью древесного дебриса при его микогеномном разложении.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследований. Работы проведены в 2011–2013 гг. на Биологической станции Уральского федерального университета, расположенной на границе восточных предгорий Среднего Урала и Зауральской складчатой возвышенности, в Сысертском р-не Свердловской обл. (56°36'5" с.ш., 61°3'24" в.д.). Зональная растительность – предлесостепные сосново-березовые леса из *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L., в поймах рек – заросли из *Alnus incana* (L.) Moench, *Padus avium* Mill., *Salix* sp. Климат умеренно-континентальный, среднегодовая температура +1.5...+0.1 °С, сумма положительных среднесуточных температур за май–сентябрь от 2000 до 3200 °С, самый теплый месяц – июль (+17 °С), самый холодный – январь (–16 °С). Устойчивый снежный покров держится с ноября по апрель, вегетационный период длится с мая по сентябрь. Среднегодовое количество осадков 350–400 мм, большая часть которых приходится на летний период (Агроклиматические..., 1978; Атлас..., 1997; Мухин и др., 2003). Часть работ по отбору образцов дебриса *Abies sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb. проведена в южно таежных темнохвойных лесах: 57°24'25" с.ш., 59°33'55" в.д.

Отбор образцов древесного дебриса. Образцы – фрагменты валежных и сухостойных стволов лиственных и хвойных деревьев диаметром около 5 см и длиной 12 см, разрушаемые определенными видами грибов. Проанализировано 137 образцов, из них лиственных субстратов – 94, хвойных – 43, с белой гнилью – 95, с бурой – 42.

В центре каждого образца находились базидиокарпы одного из 42 видов ксилотрофных трутовых грибов двух эколого-физиологических типов: 1. Лигнинразрушающие (грибы белой гнили): *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schrot., *D. tricolor* (Pers.) Bondartsev et Singer, *Datronia mollis* (Sommerf.) Donk, *D. stereoides* (Fr.) Ryvarden, *Dichomitus squalens* (P. Karst.) D.A. Reid, *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Domanski, *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., *Gloeoporus dichrous* (Fr.) Bres., *Hapalopilus rutilans* (Pers.) P. Karst., *Inonotus radiatus* (Sowerby) P. Karst., *I. rheades* (Pers.) Bondartsev & Singer, *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., *Lenzites betulina* (L.) Fr., *Phellinus punctatus* (P. Karst.) Pilát, *Ph. viticola* (Schwein.) Donk, *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) P. Karst., *Polyporus arcularius* (Batsch) Fr., *P. ciliatus* (Batsch) Fr., *P. squamosus* (Huds.) Fr., *P. varius* (Pers.) Fr., *Trametes gibbosa* (Pers.) Fr.,

T. hirsuta (Wulfen) Lloyd, *T. ochracea* (Pers.) Gilb. & Ryvarden, *T. pubescens* (Schumach.) Pilát, *T. trogii* Berk., *T. velutina* (Pers.) G. Cunn., *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden, *T. fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden, *T. pargamentum* (Fr.) G. Cunn.; 2. Целлюлозоразрушающие (грибы бурой гнили): *Antrodia semisupina* (Berk. & M.A. Curtis) Ryvarden, *A. serialis* (Fr.) Donk, *A. sinuosa* (Fr.) P. Karst., *A. xantha* (Fr.) Ryvarden, *Fomitopsis cajanderi* (P. Karst.) Kotl. & Pouzar, *F. pinicola* (Sw. : Fr.) P. Karst., *Gloeophyllum abietinum*/Bull.: Fr.) P. Karst., *G. sepiarium* (Bull.) P. Karst., *Postia caesia* (Schrad.) P. Karst., *P. fragilis* (Fr.) Jülich, *P. guttulata* (Sacc.) Jülich, *P. leucomallella* (Murrill) Jülich, *P. placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard.

Оценка CO₂-эмиссионной активности древесного дебриса. Образцы очищали от посторонних органических остатков, отделяли от них базидиокарпы, измеряли длину, диаметр, массу (с точностью до 10 мг) и помещали в термостат с температурой 20 ± 1 °С на 1–2 ч. Затем образцы помещали в герметичные экспозиционные камеры, измеряли исходное содержание CO₂ и O₂ и экспонировали при 20 ± 1 °С в течение 3 ч, после чего повторно измеряли концентрацию CO₂ и O₂ с использованием газоанализатора CO₂/O₂ (ООО “Микросенсорная техника”, Россия). Погрешность измерений CO₂ – ± 20 ppm, O₂ – ± 0.2 об. %. CO₂-эмиссионную активность образцов оценивали по разности между исходной и конечной концентрациями CO₂ и O₂ в камерах, учитывая объем образцов, и рассчитывали в мг CO₂, O₂ на грамм абсолютно сухой массы образца в час.

Для определения абсолютно сухой массы образцы высушивали 72 ч при 105 °С, относительную влажность определяли по формуле (1):

$$H = (M_w - M_d) / M_w \cdot 100\%, \quad (1)$$

где H – относительная влажность древесины (%), M_w – влажная масса образца (г), M_d – абсолютно сухая масса образца (г). Степень деструкции (%) оценивали по соотношению удельной абсолютно сухой массы (г см⁻³) анализируемых образцов и образцов здоровой, непораженной грибами древесины соответствующего диаметра, отобранных в том же районе.

Оценка водопоглощающей активности древесного дебриса. Анализ проведен с образцами древесных остатков березы (5×2 см) разной степени деструкции, разрушаемых *Bjerkandera adusta* (Willd.) P. Karst., *Daedaleopsis tricolor*, *Exidia glandulosa* (Bull.) Fr., *Fomes fomentarius*, *Hohenbuehelia atrocoerulea* (Fr.) Singer, *Panellus stipticus* (Bull.) P. Karst., *Piptoporus betulinus*, *Pleurotus pulmonarius*

(Fr.) Quel, *Plicaturopsis crispa* (Pers.) D.A. Reid, *Steccherinum ochraceum* (Pers.) Gray, *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers., *S. subtomentosum* Pouzar, *Trametes hirsuta*, *T. versicolor* (L.) Lloyd, *Tremella foliacea* Pers., *Trichaptum pargamenum*, *Tyromyces kmetii* (Bres.) Bondartsev & Singer.

Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, помещали на 5 мин в чашки Петри диаметром 9.2 см с 30 мл воды. По разнице массы определяли количество поглощенной воды и рассчитывали интенсивность ее поглощения: $\text{г H}_2\text{O г}^{-1}$ воздушно-сухой массы мин^{-1} . Степень деструкции образцов (%) оценивали по соотношению их удельной абсолютно сухой массы (г см^{-3}) и образцов древесины березы, непораженной грибами.

Статистический анализ. Использовали параметрические тесты, так как условия их применения обычно выполнялись. Для парных сравнений – критерий Стьюдента, для множественных – однофакторный дисперсионный анализ, для характеристики связей между переменными – коэффициент корреляции Пирсона (r). При описании результатов статистического оценивания приведены значения критериев (t – Стьюдента, F – Фишера) и уровни значимости (P). Обсуждаемые усреднения – средние арифметические (m), приведенные со стандартными ошибками (SE); CV – коэффициент вариации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как свидетельствуют полученные данные, CO_2 -эмиссионная активность древесного дебриса при микогенном разложении сильно и положительно коррелирует с его влажностью: $r = +0.47$;

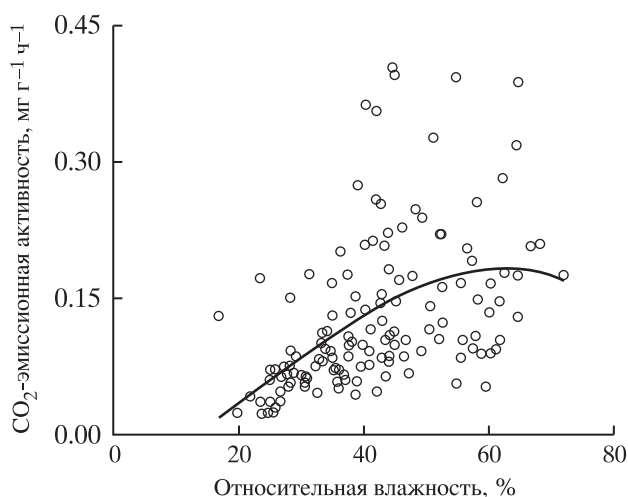


Рис. 1. Связь между влажностью и CO_2 -эмиссионной активностью древесного дебриса.

$P < 0.001$. Это характерно как для лиственного ($r = +0.49$; $P < 0.001$), так и хвойного ($r = +0.40$, $P = 0.007$) дебриса, а также для дебриса с белой ($r = +0.47$; $P < 0.001$) и бурой ($r = +0.38$, $P = 0.012$) гнилью. Корреляционный анализ показывает, что эмиссия CO_2 сопряжена с пропорциональным ($r = +0.96$; $P < 0.001$) для аэробного дыхания потреблением O_2 и это свидетельствует об окислительном характере конверсии грибами органического углерода древесного дебриса в диоксид.

Связь CO_2 -эмиссионной активности древесных субстратов с влажностью удовлетворительно ($R^2 = 0.24$) аппроксимируется полиномиальной кривой (рис. 1). Как можно видеть, эмиссия CO_2 линейно возрастает при насыщении субстрата водой, достигая максимума при 55% относительной влажности. Дальнейшее ее увеличение до 70% не сказывается на средних значениях CO_2 -эмиссионной активности. Это соответствует литературным данным, согласно которым CO_2 -эмиссионная активность древесного дебриса до достижения максимума линейно связана с влажностью, но при дальнейшем насыщении субстрата водой эта связь утрачивается (Chambers et al., 2001; Wu et al., 2010).

В диапазоне относительной влажности 20–55% ее связь с CO_2 -эмиссионной активностью грибов описывается уравнением (2):

$$R = 0.0051 \cdot H - 0.0694, \quad (2)$$

где R – CO_2 -эмиссионная активность ($\text{мг г}^{-1} \text{ч}^{-1}$); H – относительная влажность (%). Согласно ему, с увеличением влажности на 10% в диапазоне 30–50% эмиссия CO_2 возрастает в 1.4–2.5 раза (в среднем в 1.8 раза). Это сопоставимо с влиянием температуры, повышение которой на 10°C усиливает CO_2 -эмиссионную активность древесного дебриса в 2–4 раза (Wang et al., 2002; Gough et al., 2007; Wu et al., 2010; Olajuyigbe et al., 2012).

Средняя относительная влажность древесного дебриса, разрушаемого грибами, варьирует от 17 до 72% ($CV = 30\%$), а в среднем составляет $42 \pm 1\%$ и одинаковая у лиственных ($43 \pm 1\%$) и хвойных ($40 \pm 2\%$) древесных остатков. У них близки не только средние значения влажности, но и ее изменчивость: $CV = 29\%$ и 32% , соответственно. В большинстве случаев остатки разных видов деревьев по влажности не различаются (табл. 1). Только дебрис *Alnus incana* характеризуется повышенной влажностью (при исключении *A. incana*: $F = 0.88$; $P = 0.514$; с *A. incana*: $F = 3.60$; $P = 0.001$).

Влажность дебриса не различается при его разложении разными видами грибов-деструкто-

ров (табл. 2), но в среднем обнаруживает слабую связь с их физиологическим типом. Последнее выражается в небольших (около 6%), но значимых ($t = 2.40$; $P = 0.018$) различиях во влажности субстратов, разрушаемой грибами белой ($44 \pm 1\%$, $CV = 30\%$) и бурой ($38 \pm 2\%$, $CV = 29\%$) гнили. Эти различия регистрируются у дебриса хвойных деревьев с белой и бурой гнилью ($45 \pm 2\%$ и $37 \pm 2\%$, соответственно; $t = 2.36$; $P = 0.023$), но не обнаруживаются у остатков лиственных видов ($43 \pm 3\%$ и $41 \pm 2\%$; $t = 0.72$; $P = 0.469$). Это коррелирует с особенностями CO_2 -эмиссионной активности соответствующих групп дебриса: лиственные субстраты с белой и бурой гнилью демонстрируют равную эмиссию CO_2 (0.144 ± 0.017 и 0.143 ± 0.011 мг CO_2 г $^{-1}$ ч $^{-1}$, соответственно; $t = 0.04$; $P = 0.971$), тогда как хвойные субстраты с белой гнилью отличаются более активной эмиссией, чем субстраты с бурой гнилью (соответственно, 0.126 ± 0.083 и 0.078 ± 0.037 мг CO_2 г $^{-1}$ ч $^{-1}$; $t = 2.62$; $P = 0.0122$).

Влажность древесных остатков не зависит от их объема ($r = +0.10$; $P = 0.265$), несмотря на то, что данный параметр существенно варьирует, от 0.01 до 1.6 дм 3 . Влажность дебриса не связана также с диаметром образцов ($r = -0.02$; $P = 0.799$). Выраженная положительная связь относительной влажности древесных остатков регистрируется лишь со степенью их разложения: $r = +0.27$; $P = 0.001$ (рис. 2). Это характерно как для лиственных ($r = +0.23$; $P = 0.026$), так и для хвойных ($r = +0.33$; $P = 0.032$) субстратов, а также для субстратов с белой гнилью ($r = +0.23$; $P = 0.022$). В случае субстратов с бурой гнилью данная связь регистрируется как тенденция, не достигая статистически значимого уровня ($r = +0.30$; $P = 0.056$).

Положительная связь влажности древесного дебриса со степенью его деструкции отмечается многими авторами (Chen et al., 2000; Chambers et al., 2001; Bond-Lamberty et al., 2002; Wang et al., 2002; Gough et al., 2007; Zhou et al., 2007; Barker, 2008; Wu et al., 2010; Forrester et al., 2012; Olajuyigbe et al., 2012). Это связывают с более интенсивным поглощением воды древесными остатками по мере их разложения (Gough et al., 2007). Действительно, как показывают наши данные (рис. 3), интенсивность поглощения воды древесными остатками положительно коррелирует со степенью их разложения: $r = +0.70$, $P < 0.001$, $n = 21$. Подверженные деструкции образцы древесины в среднем в 24 раза более активно поглощают воду, чем непораженная грибами древесина березы: 0.172 против 0.007 г H_2O г $^{-1}$ воздушно сухой массы мин $^{-1}$.

Таблица 1. Относительная влажность древесного дебриса, разрушаемого трутовыми грибами в сосново-березовых предлесостепных и южнотаежных темнохвойных лесах Среднего Урала

Вид	Число наблюдений	Относительная влажность, %		
		$m \pm SE$	min	max
<i>Alnus incana</i>	10	58 ± 3	43	72
<i>Betula pendula</i>	69	42 ± 1	24	68
<i>Padus avium</i>	5	38 ± 7	17	62
<i>Populus tremula</i>	4	36 ± 7	22	52
<i>Salix</i> sp.	6	34 ± 5	24	53
<i>Abies sibirica</i>	4	44 ± 5	31	51
<i>Picea obovata</i>	15	41 ± 3	24	62
<i>Pinus sylvestris</i>	24	39 ± 2	24	63

Таблица 2. Влажность древесного дебриса *Betula pendula*, разрушаемого разными видами грибов в предлесостепных сосново-березовых лесах Среднего Урала

Вид	Число наблюдений	Относительная влажность, %		
		$m \pm SE$	min	max
<i>Daedaleopsis tricolor</i>	13	40 ± 2	28	55
<i>Fomes fomentarius</i>	10	43 ± 5	25	68
<i>Piptoporus betulinus</i>	12	37 ± 2	24	45
<i>Trichaptum pargamentum</i>	10	36 ± 3	28	57

Тесная положительная связь между деструкцией, влажностью и CO_2 -эмиссионной активностью дебриса приводит к непрерывному возрастанию потока CO_2 по мере разложения древесины (Chambers et al., 2001). В случае микогенного разложения древесного дебриса это придает ему характер контролируемого грибами самоускоряющегося процесса: дереворазрушающая активность грибов, отражением которой является интенсивность эмиссии CO_2 , ведет к прогрессирующему разрушению дебриса, это повышает его влажность, усиливающую, в свою очередь, деструкционную активность грибов. Лишь при относительной влажности древесных остатков 55–70% деструкционная и, соответственно, CO_2 -эмиссионная активность грибов выходят на стационарный уровень.

Заключение. При грибном разложении древесного дебриса его CO_2 -эмиссионная активность положительно связана с влажностью. При увеличении относительной влажности древесных

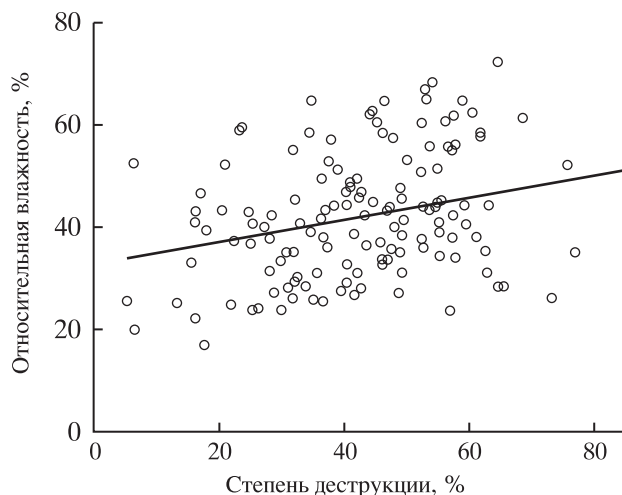


Рис. 2. Связь между степенью деструкции и влажностью древесного дебриса.

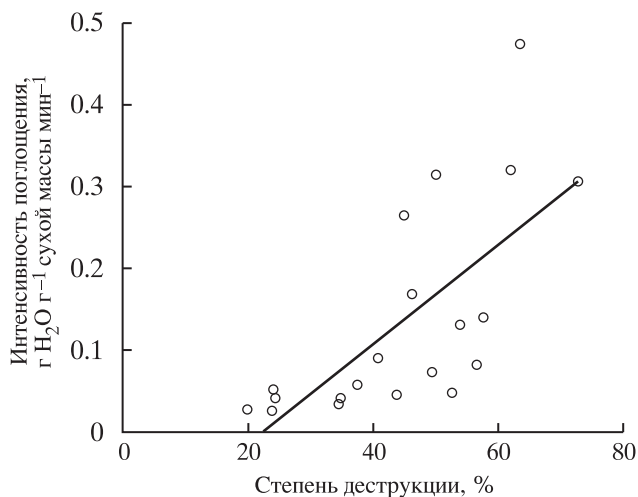


Рис. 3. Интенсивность поглощения воды древесным дебрисом в зависимости от степени его деструкции.

остатков на 10% эмиссия CO_2 возрастает почти двукратно, достигая максимума при влажности образцов порядка 55–70%. Влажность листового и хвойного дебриса существенно не различается, не зависит от размера, объема древесных остатков, вида грибов-деструкторов. Она обнаруживает слабую связь с физиологическим типом грибов (более высокая у древесных остатков с белой гнилью) и тесную положительную связь со степенью деструкции древесины. Функциональные зависимости между влажностью разлагающихся остатков и их CO_2 -эмиссионной активностью, а также между степенью деструкции древесного дебриса и его влажностью создают систему с обратными положительными связями. Это придает разложению древесины характер контролируемого грибами самоускоряющегося

процесса, стабилизирующегося на максимальном уровне при 55–70% относительной влажности древесных остатков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматические ресурсы Свердловской области. Л.: Гидрометиздат, 1978. 210 с.

Атлас Свердловской области. Екатеринбург: Роскартография, 1997. 48 с.

Заварзин Г.А. Углеродный баланс России // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола: материалы Совета-семинара при президенте РАН / Под ред. Ю.А. Израэля. М., 2006. С. 134–151.

Заварзин Г.А., Заварзина А.Г. Ксилотрофы и микофильные бактерии при образовании дистрофных вод // Микробиология. 2009. Т. 78. № 5. С. 579–591.

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Курц В.А. Влияние объемов лесопользования на углеродный баланс лесов России: прогнозный анализ по модели СВМ-CFS3: Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 1. С. 5–18.

Исаев А.С., Коровин Г.Н. Леса России и Киотский протокол // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола: материалы Совета-семинара при президенте РАН / Под ред. Ю.А. Израэля. М., 2006. С. 287–305.

Кудеяров В.Н., Заварзин Г.А., Благодатский С.А., Борисов А.В., Воронин П.Ю., Демкин В.А., Демкина Т.С., Евдокимов И.В., Замолодчиков Д.Г., Карелин Д.В., Комаров А.С., Курганова И.Н., Ларионова А.А., Лопес де Гереню В.О., Уткин А.И., Чертов О.Г. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин. М.: Ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН, 2007. 315 с.

Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 230 с.

Мухин В.А., Воронин П.Ю. Микогенное разложение древесины и эмиссия углерода в лесных экосистемах // Экология. 2007. № 1. С. 24–29.

Мухин В.А., Третьякова А.С., Тетина А.Ю., Кутлуни-на Н.А., Зимницкая С.А., Гончарова Ю.В., Юдин М.М., Березина А.Я. Флора и растительность биологической станции Уральского государственного университета: Учеб. пособие по летней полевой практике для студентов биол. фак. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. 132 с.

Роньжина Е.С., Гамалей Ю.В., Воронин П.Ю., Мухин В.А., Некрасова Г.Ф., Иванова Л.А., Чиков В.И., Гончарова Э.А., Киселева И.С., Борзенкова Р.А. Фотосинтез: физиология, онтогенез, экология. Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2009. 372 с.

- Barker J.S.* Decomposition of Douglas-fir coarse woody debris in response to differing moisture content and initial heterotrophic colonization // *Forest Ecology and Management*. 2008. V. 255. P. 598–604.
- Bond-Lamberty B., Wang C., Gower S.T.* Annual carbon flux from woody debris for a boreal black spruce fire chronosequence // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V. 108. D3. (art. No. 8220).
- Chambers J.Q., Schmel J.P., Nobre A.D.* Respiration from coarse wood litter in central Amazon forests // *Biogeochemistry*. 2001. V. 52. P. 115–131.
- Chen H., Harmon M.E., Griffiths R.P., Hicks W.* Effects of temperature and moisture on carbon respired from decomposing woody roots // *Forest Ecology and Management*. 2000. V. 138. P. 51–64.
- Forrester J.A., Mladenoff D.J., Gower S.T., Stoffel J.L.* Interaction of temperature and moisture with respiration from coarse woody debris in experimental forest canopy gaps // *Forest Ecology and Management*. 2012. V. 265. P. 124–132.
- Gough C.M., Vogel C.S., Kazanski C., Nagel L., Flower C.E., Curtis P.S.* Coarse woody debris and carbon balance of north temperate forest // *Forest Ecology and Management*. 2007. V. 244. P. 60–67.
- Olajuyigbe S., Tobin B., Nieuwenhuis M.* Temperature and moisture effects on respiration rate of decomposing logs in a Sitka spruce plantation in Ireland // *Forestry*. 2012. V. 85. P. 485–496.
- Wu J., Zhang X., Wang H., Sun J., Guan D.* Respiration of downed logs in an old-growth temperate forest in north-eastern China // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2010. V. 25. P. 500–506.
- Zhou L., Dai L., Gu H., Zhong L.* Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem // *Journal of Forestry Research*. 2007. V. 18. P. 48–54.

Moisture content – the factor of the CO₂ emission activity of woody debris

V. A. Mukhin, D. K. Diyarova, D. V. Veselkin

1–8-March st. 202, Yekaterinburg, 620144

2 – Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

Mira st. 19, Yekaterinburg, 620002

E-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru

Received 20 January 2015

We studied the links between moisture content and CO₂ emission activity of mycetogenic decomposition of the woody debris in sub-forest-steppe and southern taiga of the Middle Urals. The 12 cm long and 5 cm in diameter samples of debris were collected from the fragments of the dead fallen or standing leaved trees (*Alnus incana*, *Betula pendula*, *Padus avium*, *Populus tremula*, *Salix* sp.) or conifers (*Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*). Basidiocarps of one of the 42 species of lignin- and cellulose- destructing xylophorous fungi were in the center of each sample. There were 137 debris samples analyzed, with 94 leaved, and 43 conifers; with 95 having white rot, and 42 having brown rot. CO₂ emission activity of debris and consumption of O₂ was measured with CO₂/O₂ gas-analyzer having accuracy of ±20 ppm of CO₂ and ±0.2% vol. of O₂. We found that CO₂ emission activity of the woody debris is significantly controlled by the water content, with every 10% of the moisture content growth doubling the CO₂ emission, reaching the maximum at 55–70%. Water content of the conifers debris did not differ from the leaved trees, and not related to the woody debris size or the species of fungal destructors. It is weakly related to the fungal type (with the higher moisture content of the woody debris having the white rot) and closely linked to debris destruction. Positive feedbacks between CO₂ emission activity, moisture content and the stage of debris destruction make the mycetogenic decomposition a self-accelerating process which stables at maximum rate at 55–70% of relative moisture content of the woody debris.

Forest ecosystems, woody debris, moisture content, fungi, destruction, CO₂ emission.

The work was supported by the Russian Foundation of Basic Research (projects no. 12-04-00684, 15-04-06881).